

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-194100

(43)Date of publication of application : 30.07.1996

(51)Int.Cl.

G21K 7/00

G21K 5/02

H05G 1/26

(21)Application number : 07-005477

(71)Applicant : SHIMADZU CORP
RIKAGAKU KENKYUSHO

(22)Date of filing : 18.01.1995

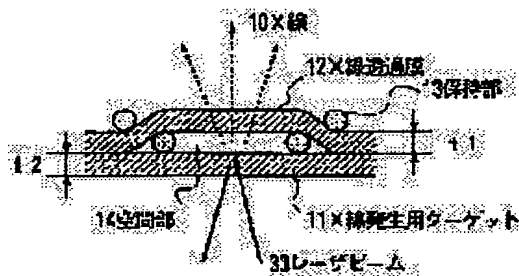
(72)Inventor : HIROSE HIDEO
HARA TAMIO
ANDO KOZO
AOYANAGI KATSUNOBU

(54) X-RAY MICROSCOPE AND X-RAY GENERATING APPARATUS

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide an x-ray generating apparatus which can prevent scattered particulates from being emitted by keeping a distance in one side of a target material and forming an x-ray transmissive film with just enough thickness to prevent damage by effects following an x-ray generating process.

CONSTITUTION: Plasma generated by laser beam irradiation is closed in a space 14 surrounded with an x-ray generating target 11 and an x-ray transmissive film 12 and efficient x-ray generation is performed. In this case, a hole as small as 0.1 μ m diameter is opened in the x-ray generating target 11 by laser beam 30. The generated x-ray is emitted to a specimen side after being transmitted through the x-ray transmissive film 12 and at the same time radiates the laser source side through the hole. On the other hand, the particulates generated from plasma come into collision against the x-ray transmissive film 12 and the kinetic energy of the particles are absorbed and the particulates are retarded, do not pass the x-ray transmissive film 12, and are captured by the x-ray transmissive film 12. Consequently, scattered particulates adhere to the x-ray transmissive film 12 and emission of the scattered particulates are inhibited.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 24.05.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 09.08.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

BEST AVAILABLE COPY

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-194100

(43) 公開日 平成 8 年 (1996) 7 月 30 日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 2 1 K	7/00			
	5/02	X		
H 0 5 G	1/26			

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平7-5477

(22) 出願日 平成 7 年 (1995) 1 月 18 日

(71) 出願人 000001993

株式会社島津製作所

京都府京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地

(71) 出願人 000006792

理化学研究所

埼玉県和光市広沢 2 番 1 号

(72) 発明者 広瀬 秀男

京都府京都市中京区西ノ京桑原町 1 株式会社島津製作所三条工場内

(72) 発明者 原 民夫

埼玉県和光市広沢 2 番 1 号 理化学研究所内

(74) 代理人 弁理士 竹本 松司 (外 1 名)

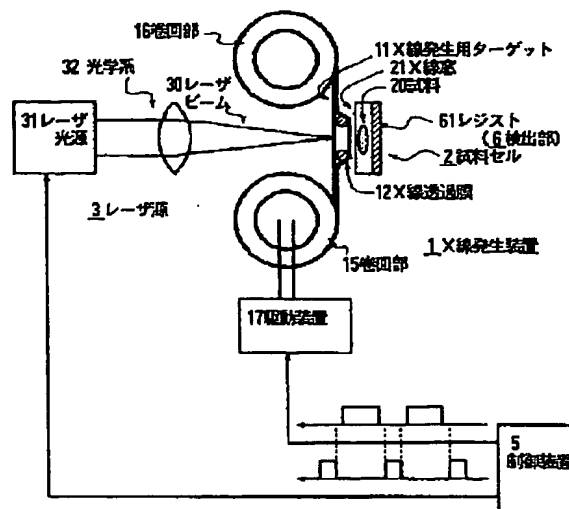
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 X線顕微鏡及びX線発生装置

(57) 【要約】

【目的】 飛散微粒子の放出を阻止して、試料をX線源に接近して配置させることができるX線顕微鏡及び飛散微粒子の放出を阻止することができるX線発生装置を提供する。

【構成】 X線顕微鏡において、ターゲット材 11 の少なくとも片面側に間隔を開けて、X線発生工程に伴う作用によって破損が生じない程度の厚さのX線透過膜 12 を設け、該ターゲット材 11 にレーザービーム 30 を照射することによってX線を発生するX線発生装置 1 を構成し、試料 20 を該X線発生装置 1 のX線透過膜側に近接して配置し、試料 20 を透過したX線によりX線像を検出することによって、飛散微粒子の放出を阻止して、試料をX線源に接近して配置させることができるX線顕微鏡を構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 X線顕微鏡において、ターゲット材の少なくとも片面側に間隔を開けて、X線発生工程に伴う作用によって破損が生じない程度の厚さのX線透過膜を設け、該ターゲット材にレーザービームを照射することによってX線を発生するX線発生装置を備え、試料を該X線発生装置のX線透過膜側に近接して配置し、試料を透過したX線によりX線像を検出することを特徴とするX線顕微鏡。

【請求項 2】 ターゲット材にレーザービームを照射することによってX線を発生するX線発生装置において、ターゲット材の少なくとも片面側に間隔を開けて、X線発生工程に伴う作用によって破損が生じない程度の厚さのX線透過膜を設け、前記X線透過膜を通してX線を取り出すことを特徴とするX線発生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、X線顕微鏡に関し、特に、レーザービームの照射によってターゲットから放出されるX線を用いるX線顕微鏡に関するものであり、また、本発明は所定のターゲットにレーザービームを照射してプラズマ化し、X線を発生する装置に関し、特に、X線レーザ、X線リソグラフィ、X線顕微鏡、あるいはX線光電子分光顕微鏡等に用いることができるX線発生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】X線顕微鏡として、所定のターゲットにレーザービームを照射してX線を発生するX線発生装置を備え、該X線発生装置からのX線を試料に照射し、透過したX線像を観察するX線顕微鏡が知られている。図10は、従来のX線発生装置を説明するための概略図であり、ターゲット19にレーザービーム30を照射して放出されるX線を集光ミラー44によって試料セル2中の試料20に集光させ、試料20を通過したX線を拡大光学系41を介して2次元検出器61によって検出する構成となっている。

【0003】また、このようなX線顕微鏡やその他の目的で使用するX線発生装置において、従来所定のターゲットにレーザービームを照射してX線を発生する機構として、例えばターゲットとして平板状あるいは円柱状の固体金属が用いられており、これらの固体金属の表面上にレーザービームを集光させることによって高密度プラズマを生成し、この自由膨張したプラズマ中から発生するX線を装置外部へ導く構造のものが知られている。この構造のX線発生装置では、プラズマが真空中に瞬時に自由膨張して拡散するため、X線の発生効率が低いという問題点がある。この問題点を解決するものとして、ターゲットの片側にX線透過膜を設けることによってターゲットとX線透過膜との間に空間を形成し、該空間内にプラズマを閉じ込める構成のX線発生装置が提案されてい

る。

【0004】図11は該X線発生装置を説明するための概略図であり、テーブ状のX線発生ターゲット71に対して空間73が形成されるようにX線透過膜72を設けており、レーザービーム30によって発生したプラズマを該空間73内に閉じ込めるものである。図11に示す従来のX線発生装置では、図12に示す順序でX線発生が行なわれる。図12は従来のX線発生装置におけるターゲットとX線透過膜の移動を説明する図であり、図12の(a)に示すようにX線発生ターゲット71にレーザービーム30を照射すると、図12の(a)に示すように照射位置のターゲットが蒸発してプラズマが生成され、該生成プラズマ中からX線が放射されてX線透過膜72を透過して放出される。このとき、X線発生ターゲット71にはレーザービーム30によって穴が形成される。

【0005】また、生成プラズマからはX線とともに微粒子が放出され、X線透過膜72によって減速される。X線透過膜72は、この微粒子の衝突やプラズマの圧力によって図12の(c)に示すように穴が開けられる。したがって、この穴からX線とともに微粒子も放出されることになる。レーザービームの照射が終了して次の照射を行う場合には、穴の開いたX線発生ターゲット71とX線透過膜72を移動して、レーザービームの照射位置に穴の開いていない部分が来るように移動する。この移動によって、次のX線の発生を行なうことができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来のX線顕微鏡及びX線発生装置では、ターゲットからX線と同時に放出される飛散微粒子を除去するための装置を設ける必要があるという問題点がある。

【0007】前記図10に示す従来のX線顕微鏡において、ターゲット19からX線とともに放出される飛散微粒子は、集光ミラー44、試料20、あるいは検出器に付着し、試料へのX線の照射量が減少するとともに、構成要素を劣化させることになる。また、図11に示す従来のX線発生装置においては、X線透過膜72を設けることによってプラズマの発生効率は向上するが、X線の発生におけるX線透過膜72の破損によって前記従来例と同様に、集光ミラー44、試料20、あるいは検出器側に飛散微粒子が放出されるとい問題点を有している。

【0008】前記X線顕微鏡及びX線発生装置のいずれにおいても、飛散微粒子を除去するために、真空中にガスを充満させたり、高速シャッター74等の飛散微粒子除去装置を設ける必要がある。高速シャッター74は、X線10と飛散微粒子との速度差を利用して、X線10の通過後にシャッターを閉じることによって飛散微粒子を遮断するものである。このような飛散微粒子除去装置はターゲットと試料との間に配置されるが、ターゲットと試料間のこの飛散微粒子除去装置によって、例えばcm単位の間隔を必要とする。ターゲットから放出される

X線は点光源であるため、ターゲットと試料間の間隔が大きくなると、X線の試料へのX線の照射量が減少するという問題点が生じることになる。

【0009】したがって、従来のX線顕微鏡及びX線発生装置では、ターゲットからX線と同時に放出される飛散微粒子を除去するための装置を設ける必要があるという問題点があり、X線顕微鏡及びX線発生装置はそれぞれ以下のようにこの問題点から派生する問題点を有している。例えば、従来のX線顕微鏡では、図10に示すように、前記飛散微粒子除去装置の設置という問題点によって、試料20とX線源との距離が長くなり、ターゲット19と試料20を収納した試料セル2との間に集光ミラー44を設置する必要がある。そして、この集光ミラー44によって反射させるX線の波長特性と、透過X線を検出器側に拡大して導く拡大光学系41のX線の波長特性を合わせる必要がある。この2つの光学系のX線の波長特性が一致しない場合にはX線発生装置からのX線の集光あるいは透過X線の拡大が不可能になり、良好なX線像を得ることができないという問題点も生じることになり、X線による試料の分析品質が低下するという問題点が生じることになる。

【0010】また、従来のX線発生装置では、前記飛散微粒子除去装置の設置という問題点によって、試料とX線源との距離が長くなり、X線の拡散量が増大して試料へのX線の照射量が減少するという問題点がある。なお、この問題点は、このようなX線発生装置を備えたX線顕微鏡においても同様の有している。そこで、本発明は前記した従来のX線顕微鏡の問題点を解決し、飛散微粒子の放出を阻止して、試料をX線源に接近して配置させることができるX線顕微鏡を提供することを目的とする。また、本発明は、前記した従来のX線発生装置の問題点を解決し、飛散微粒子の放出を阻止することができるX線発生装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本出願の第1の発明は、X線顕微鏡において、ターゲット材の少なくとも片面側に間隔を開けて、X線発生工程に伴う作用によって破損が生じない程度の厚さのX線透過膜を設け、該ターゲット材にレーザービームを照射することによってX線が発生するX線発生装置を備え、試料を該X線発生装置のX線透過膜側に近接して配置し、試料を透過したX線によりX線像を検出することによって、飛散微粒子の放出を阻止して、試料をX線源に接近して配置させることができるX線顕微鏡を構成する。

【0012】また、本出願の第2の発明は、ターゲット材にレーザービームを照射することによってX線が発生するX線発生装置において、ターゲット材の少なくとも片面側に間隔を開けて、X線発生工程に伴う作用によって破損が生じない程度の厚さのX線透過膜を設け、このX線透過膜を通してX線を取り出すことによって、飛散微

粒子の放出を阻止することができるX線発生装置を構成する。

【0013】本発明においてX線発生工程に伴ってX線透過膜に作用するものとしては、例えばX線発生工程で生じるプラズマの圧力、X線発生のために照射するレーザービームの透過、及びプラズマ中で散乱された散乱光等がある。本出願の第1及び第2の発明のX線発生装置は、ターゲット材にレーザービームを照射することによってX線が発生するものである。そして、該X線発生装置に用いるX線透過膜はX線の透過率が良く、かつ飛散微粒子を阻止する機能を備えた部材であり、その膜厚をレーザービームの照射により生ずる高密度プラズマの発生に伴うプラズマ圧力や飛散微粒子のエネルギー等により破損が生じない程度の厚さとするものである。

【0014】本発明の実施態様は、X線発生装置に用いるX線透過膜の膜厚を少なくとも1 μ mを超えるものであり、例えば2～3 μ mの厚さの膜厚が適当であり、これによって、高密度プラズマによって生じるX線を透過するとともに、同時に発生する飛散微粒子を遮蔽して、X線透過率の良好なX線透過膜を備えたX線発生装置及びX線顕微鏡を構成することができる。本発明の他の実施態様は、X線発生装置に用いるX線透過膜をAl、Be、C、Sn、Ti、V、Mo、ポリイミド、もしくはビニールにより形成するものであり、これによって、X線透過率の良好なX線透過膜を備えたX線発生装置及びX線顕微鏡を構成することができる。

【0015】本発明の他の実施態様は、X線発生装置に用いるX線透過膜をAl、Be、もしくはポリイミドにより形成するものであり、これによって、20オングストローム以下の波長のX線透過率の良好なX線透過膜を備えたX線発生装置及びX線顕微鏡を構成することができる。本発明の他の実施態様は、X線発生装置に用いるX線透過膜をSn、Ti、もしくはVにより形成するものであり、これによって、20オングストロームから50オングストロームの波長のX線透過率の良好なX線透過膜を備えたX線発生装置及びX線顕微鏡を構成することができる。

【0016】本発明の他の実施態様は、X線発生装置に用いるX線透過膜をC、Sn、もしくはMoにより形成するものであり、これによって、45オングストロームから100オングストロームの波長のX線透過率の良好なX線透過膜を備えたX線発生装置及びX線顕微鏡を構成することができる。本発明のその他の実施態様は、ターゲット材及びX線透過膜をテーブル状とし、該テーブル材をレーザービームの焦点及び試料に対して移動可能とするものであり、これによって、各レーザービームの照射毎にターゲット材及びX線透過膜の交換を行なうことができる。

【0017】本発明の別の実施態様は、X線像を検出する2次元検出器としてCCD、MCP、あるいはフィル

ムを使用することができ、これによって、X線像を容易に得られるX線顕微鏡を構成することができる。本発明の他の実施態様は、X線透過膜と試料とレジストを近接させて配置するものであり、これによって、試料とレジストとを密着させる密着型X線顕微鏡を構成することができる。

【0018】

【作用】本出願の第1の発明によれば、X線顕微鏡のX線発生装置において、ターゲット材にレーザービームを照射するとプラズマが発生する。この高密度プラズマ発生によりX線及び飛散微粒子が放出される。X線は、ターゲットと試料との間に設けられたX線透過膜を透過して試料側に放出され、一方、飛散微粒子はこのX線透過膜によって遮断され試料側への放出が阻止される。したがって、X線顕微鏡のX線発生装置からはX線のみが放出される。

【0019】このX線発生装置からはX線のみが放出されるため、従来のように拡散粒子を除去する装置をX線発生装置と検出器との間に設ける必要がない。したがって、試料をX線発生装置に近接して配置することができる。これによって、従来必要であった集光ミラー等の光学系の設置や該光学系におけるX線の波長特性の一致が不要となり、また、X線が拡散する前に試料に照射することができるため、照射X線量を増大させることができ、明るいX線像を得ることができる。

【0020】また、本出願の第2の発明によれば、X線発生装置において、ターゲット材にレーザービームを照射するとプラズマが発生する。この高密度プラズマ発生によりX線及び飛散微粒子が放出される。X線は、ターゲットと試料との間に設けられたX線透過膜を透過して試料側に放出され、一方、飛散微粒子はこのX線透過膜によって遮断され試料側への放出が阻止される。このプラズマ発生において、X線透過膜はプラズマの自由膨張によって圧力を受け、また飛散微粒子の衝突を受けるが、X線透過膜の膜厚を少なくとも $1\mu\text{m}$ を超えるものとし、例えば $2\sim 3\mu\text{m}$ の厚さ膜厚とすることによってプラズマ圧力や飛散微粒子のエネルギーに抗するに十分な膜厚として、X線透過膜の破損による飛散微粒子の飛散を防止している。

【0021】また、X線発生装置に用いるX線透過膜を、その透過波長に応じてAl、Be、C、Sn、Ti、V、Mo、ポリイミド、もしくはビニールから選択して形成することができ、例えば、20オングストローム以下の波長に対してはAl、Be、もしくはポリイミドにより形成し、20オングストロームから50オングストロームの波長に対してはSn、Ti、もしくはVにより形成し、45オングストロームから100オングストロームの波長に対してはC、Sn、もしくはMoにより形成する。また、X線発生装置においてレーザービーム

ット材には穴があき、X線透過膜には飛散微粒子が付着するため、ターゲット材を移動して穴の開いていない新しいターゲット材にレーザービームを照射させ、また、X線透過膜を移動して飛散微粒子の付着していない新しいX線透過膜によって飛散微粒子を遮蔽してX線のみを透過して、試料へのX線の照射を行なう。

【0022】したがって、本発明によれば、X線顕微鏡において、本発明のX線発生装置のX線透過膜と試料とを近接させて配置すると、X線透過膜を透過して放出されるX線は試料に対してX線照射量を減少することなく照射することができ、X線検出器において明るいX線像を得ることができる。また、飛散微粒子はX線透過膜によって阻止されるため、試料あるいは試料セルや、集光光学系、拡大光学系等の光学系や、検出器に飛散微粒子が付着することがない。

【0023】

【実施例】以下、本発明の実施例を図を参照しながら詳細に説明する。以下、はじめに本出願に共通する構成である第2の発明のX線発生装置について説明し、次に該第2の発明のX線発生装置を備えた本出願の第1の発明のX線顕微鏡について説明する。

【0024】（本発明のX線発生装置の一実施例の構成）図1は本発明のX線発生装置の概略を示す断面図である。図1はX線発生装置1の要部を示しており、11はX線発生用ターゲットであり、12はX線透過膜であって、それぞれテープ状に形成して重ね合わせて二重構造によって構成することができ、レーザービーム30が照射される位置においてはX線発生用ターゲット11とX線透過膜12との間には、例えば 1mm 程度の間隔がかけられ、空間部14が形成される。このX線発生用ターゲット11とX線透過膜12との間の間隔は、例えば保持部13によって形成することができる。

【0025】X線発生用ターゲット11はAl、Au、Mo、Ta、カプトン（商品名）、あるいはTi等の固体テープによって形成することができ、この固体テープの幅は例えば 5mm 程度、厚さt2は $1\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ 程度とすることができる。

【0026】また、X線透過膜12はAl、Be、C、Sn、Ti、V、Mo、ポリイミド、もしくはビニールによって形成することができ、例えば、20オングストローム以下の波長のX線を透過させる場合にはAl、Be、もしくはポリイミドによって形成し、20オングストロームから50オングストロームの波長のX線を透過させる場合にはC、Sn、Ti、V、もしくはポリイミドによって形成し、45オングストロームから100オングストロームの波長のX線を透過させる場合にはSn、もしくはMoによって形成する。このX線透過膜の幅は例えば 5mm 程度とし、その厚さt1はプラズマ圧力や飛散微粒子のエネルギーに抗して破損することがないよう十分な膜厚とするものであって少なくとも $1\mu\text{m}$

を超えるものとし、例えば2〜3 μm の厚さが適当である。

【0027】なお、この膜厚 t_1 は、プラズマの圧力に耐え、また、飛散微粒子のエネルギーに耐える厚さである必要があり、ターゲットに照射されるレーザービームの強度や照射時間、プラズマの形成される空間の容量等のプラズマや飛散微粒子が形成される条件に応じて変更することができるものである。レーザービーム30は、X線発生用ターゲット11の裏側から照射され、空間部14にプラズマを発生し、該プラズマはX線10を発生す

る。X線10は、X線透過膜12を透過してレーザービーム30と反対側に照射される。また、プラズマによって形成される飛散微粒子は、X線透過膜12によって遮断されて外部への放出は阻止される。

【0028】(本発明のX線発生装置の一実施例の作用)次に、図2を用いて本発明の実施例の作用について説明する。図2は本発明のX線発生装置の動作を

(a), (b), (c), (d)の順で示している。はじめに、図2の(a)において、X線発生用ターゲット11とX線透過膜12は保持部13によって間隔をあけて配置されている。このX線発生用ターゲット11に対して、図示しないレーザー源からレーザービーム30(図中の矢印)を照射する。レーザービーム30のX線発生用ターゲット11への照射は、図示しない光学系によって集光して行なうことができる。

【0029】このレーザービーム30の照射によって、ターゲットの金属が蒸発して高温・高密度のプラズマが生成され、この生成プラズマ中から高輝度X線が放射状に発生する。レーザービーム照射によって生成されたプラズマは、X線発生用ターゲット11とX線透過膜12によって囲まれた空間部14に nsec オーダーで閉じ込められ、レーザービームとプラズマとの相互作用を行なう時間が長くなり効率的なX線発生が行なわれる。このとき、図2の(b)に示すようにX線発生用ターゲット11にはレーザービーム30によって径が0.1 μm 程度の穴18が開く。発生したX線はX線透過膜12を通過して試料側に放射されるとともに、穴18を通過してレーザー源側に放射する。

【0030】一方、プラズマから発生した微粒子はX線透過膜12に衝突して、その運動エネルギーが吸収されて減速され、X線透過膜12を通過せずにX線透過膜12に捕らえられる。したがって、X線透過膜12には飛散微粒子が付着することになる。この工程によって、一つのレーザービーム30の照射が終了してX線の発生が終了した段階では、X線発生用ターゲット11には穴18が形成され、X線透過膜12には飛散微粒子が付着した状態となり、次のレーザービーム30の照射によるX線の発生には不適当な環境となる。

【0031】そこで、X線発生用ターゲット11及びX線透過膜12を移動させ、レーザービームの照射位置にX

線発生用ターゲット11の穴のあいていない部分を移動させ、また、X線の通過位置にX線透過膜12の飛散微粒子の付着していない部分を移動させ、再び前記(a)と同様のX線発生操作を行なう。これによって、新たなX線の発生と飛散微粒子の阻止が行なわれ、図2の(c)に示すように、前記図2の(b)と同様の穴が形成される。さらに、図2の(d)に示すように、X線発生用ターゲット11及びX線透過膜12を移動させて、次のレーザービームの照射を行いX線の発生を行なう。以下、同様にしてX線発生用ターゲット11及びX線透過膜12の移動とレーザービーム30の照射を繰り返すことによって、断続的なX線発生を繰り返して行なうことができる。

【0032】X線発生用ターゲット11のレーザービームの照射毎の移動量は、少なくともレーザービームの照射位置と穴18とが重ならない程度で、また、X線透過膜12のレーザービームの照射毎の移動量は、少なくともX線透過位置と飛散微粒子の付着位置が重ならない程度であればよく、例えば1mm程度とすることができる。この移動量は、前記図1に示した従来のX線発生装置の場合の移動量と比較して少ない量とすることができる。例えば前記図12で示したように、従来のX線発生装置のX線発生用ターゲットとX線透過膜の移動においては、X線透過膜の穴がプラズマから充分離れる必要があるため、例えば2〜3mm程度の移動を行なっている。したがって、本発明のX線発生装置では、X線発生用ターゲットとX線透過膜の移動量を従来のX線発生装置より少ない移動量とすることができる。

【0033】(本発明のX線顕微鏡の一実施例)図3は本発明のX線顕微鏡の一実施例の概略を示す断面図である。本発明のX線顕微鏡は、前記した本発明のX線発生装置1と、X線発生装置1から放出されたX線により照射される試料20を保持する試料セル2と、試料20を透過したX線を検出してX線像を得る検出部6と、レーザービーム30を放射するレーザー源31を制御する制御装置5とを備えている。X線発生装置1は、前記したテーブル状のX線発生用ターゲット11とX線透過膜12の他にそれらを巻回している巻回部15、16と、巻回部15、16の駆動を行なうための駆動装置17を備えている。X線発生用ターゲット11とX線透過膜12は巻回部15、16に巻かれており、駆動装置17によって一方から他方への移動が行なわれる。駆動装置17は例えばステッピングモータ等の間欠駆動装置を有しており、制御装置5からの駆動信号によって間欠駆動して、前記図2で示したように一定量の移動を行う。

【0034】また、試料セル2は、X線透過膜12に近接して設けられたX線窓21を有しており、該X線窓21を介して試料20へのX線の照射を行なう。X線窓21とX線透過膜12との間隔は例えば0.1 μm 程度に接近させることができ、X線透過膜12の移動によるX

線窓21との接触による影響が無視できる場合には接触させることができ、密着型X線顕微鏡を構成することができる。このX線窓21とX線透過膜12との近接配置を行なうことによって、X線透過膜12から放出されたX線の強度が減少する前に試料20への照射を行うことができる。また、前記したようにX線発生装置1からの飛散微粒子の放出は阻止されるため、飛散微粒子の除去するための機構を試料側及び検出側に設ける必要がない。また、従来試料側と検出側の間に設ける必要があった集光ミラー等の光学系が不要であり、試料と検出器との間に設ける光学系とこの集光ミラーとのX線の波長特性をそろえるための調整が不要となる。

【0035】レーザ源3は、レーザ光源31と光学系32を備え、制御装置5からの信号によってレーザ源31から間欠的に照射されたレーザビーム30は、光学系32を介してX線発生用ターゲット11の裏側から照射される。制御装置5は、レーザ光源31と駆動装置17の制御を行っており、両装置に送信する信号のタイミングをずらすことによって、レーザビーム30の照射が終了してX線の放出が終了した後、X線発生用ターゲットとX線透過膜の移動を行い、該移動の終了した後に次のレーザビームの照射を行う。なお、レーザ光源31の駆動は例えば、3〜7nsec程度の駆動パルスによって行うことができる。また、検出部6は、例えばCCD装置やMCP装置やフィルム等の種々の検出器を用いることができる。

【0036】したがって、本発明のX線顕微鏡では、制御装置5からの制御によってレーザ光源31を駆動してレーザビーム30をX線発生用ターゲット11に照射し、X線の放出を行う。放出されたX線はX線透過膜12を透過して後、試料セル2中の試料20を透過し、そのX線像を例えばレジスト61上に形成する。一つの駆動パルスが終了してX線の照射によるX線像の検出が終わると、制御装置5は駆動装置に駆動信号を送り、巻回部15及び巻回部16を回してX線発生用ターゲット11とX線透過膜12を移動し、次のレーザビーム30の照射に備える。その後、次の駆動パルスによって再び次のX線像の検出を行う。したがって、本発明のX線顕微鏡においては、X線発生装置1からX線のみを試料に照射することができる。

【0037】（本発明のX線顕微鏡のその他の実施例）図4は本発明のX線顕微鏡のその他の実施例の概略を示す断面図である。図4の実施例は、二枚のX線窓21を有する試料セルをX線透過膜に接近させて配置し、試料セルを通過した試料のX線像をX線拡大光学系41を通して拡大し、結像面をX線検出器62を配置する。なお、図においては、X線拡大光学系41として二枚の凹凸面鏡からなるシュワルツシハド光学系を用いている。この実施例の構成によるX線顕微鏡では、前記図10の従来のX線顕微鏡が備えている試料セルをターゲットか

ら遠ざけるための集光用X線ミラー44を不要とすることができる。

【0038】また、図5、6は本発明のX線顕微鏡のその他の実施例の概略を示す断面図であり、図5の実施例では、試料セルと検出器との間に配置する拡大光学系としてゾンプレート42を用いる構成を示し、図6の実施例では、試料セルと検出器との間に配置する拡大光学系としてウォルター型ミラー43を用いる構成を示している。さらに、図7は本発明のX線顕微鏡の別の実施例の概略を示す断面図であり、ターゲット近傍に設置した試料のX線像を、例えば数十cm以上離れた2次元検出器上に直接投影した拡大する構成である。これは、X線は10μmオーダーのスポット径から発生するため、点光源と見なすことができるためである。

【0039】前記までに示した実施例においては、レーザのターゲットへの入射角は0°としているが、この入射角は任意の角度を選択することができる。このとき、前記した実施例と同様にターゲット裏面から放出されるX線は放射状となるため、その取り出し方向も任意に選ぶことができる。そこで、より一般的な配置例を図8に示す。図8は本発明のX線顕微鏡の更に別の実施例の概略を示す断面図であり、レーザビームをX線発生用ターゲットに対して斜め方向から照射し、ターゲット裏面の斜め方向に放出するX線を試料に照射する構成である。

【0040】この場合、試料はターゲットを透過したレーザ光の影響を受けず、ターゲット裏面より発生したX線のみを試料に照射することができる。図9は本発明のX線顕微鏡の別の実施例の概略を示す断面図であり、X線発生用ターゲット11を巻回する巻回部15-1及び16-1と、X線透過膜12を巻回する巻回部15-2及び16-2とを別の巻回部に巻回する構成である。この構成の場合には、二重構造のX線発生用ターゲット11とX線透過膜12を必要とせず、別々のX線発生用ターゲット11とX線透過膜12を用いることができ、また、別個に異なる移動量で移動することができる。

【0041】（実施例の効果）本発明の実施例によれば、ターゲットから得られたX線を試料に導くためのX線集光光学系を不必要とすることができ、X線の試料へのX線の照射量の減少を防止することができる。

【0042】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、飛散微粒子の放出を阻止して、試料をX線源に接近して配置させることができるX線顕微鏡を提供することができ、また、飛散微粒子の放出を阻止することができるX線発生装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のX線発生装置の概略を示す断面図である。

【図2】本発明のX線発生装置の動作を説明するための図である。

11

【図3】本発明のX線顕微鏡の一実施例の概略を示す断面図である。

【図4】本発明のX線顕微鏡のその他の実施例の概略を示す断面図である。

【図5】本発明のX線顕微鏡のその他の実施例の概略を示す断面図である。

【図6】本発明のX線顕微鏡のその他の実施例の概略を示す断面図である。

【図7】本発明のX線顕微鏡の別の実施例の概略を示す断面図である。

【図8】本発明のX線顕微鏡の更に別の実施例の概略を示す断面図である。

【図9】本発明のX線顕微鏡の別の実施例の概略を示す*

12

* 断面図である。

【図10】従来のX線発生装置を説明するための概略図である。

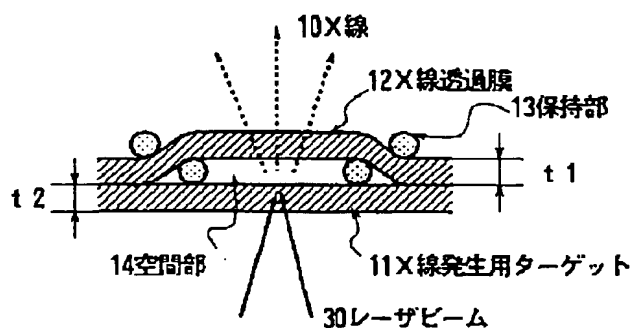
【図11】従来のX線発生装置を説明するための概略図である。

【図12】従来のX線発生装置におけるターゲットとX線透過膜の移動を説明する図である。

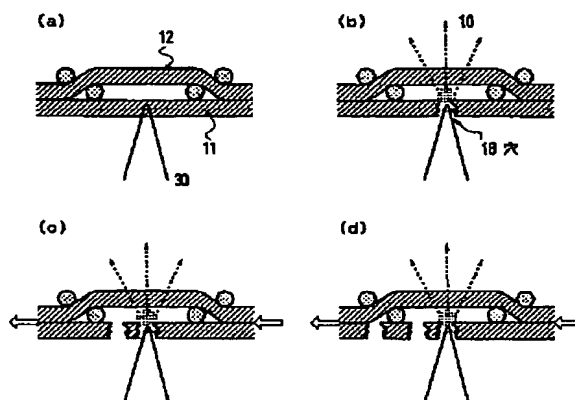
【符号の説明】

1…X線発生装置、2…試料セル、3…レーザ源、4…光学系、5…制御装置、6…検出器、10…X線、11…X線発生用ターゲット、12…X線透過膜、15、16…巻回部、20…試料、21…X線窓、30…レーザビーム、31…レーザ光源。

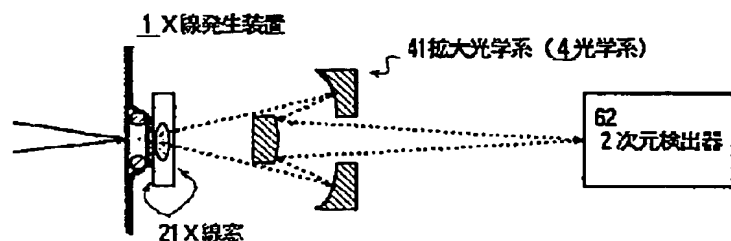
【図1】



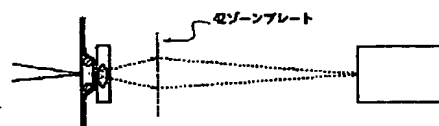
【図2】



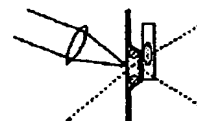
【図4】



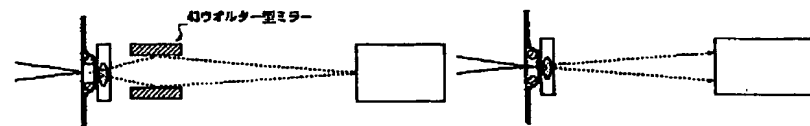
【図5】



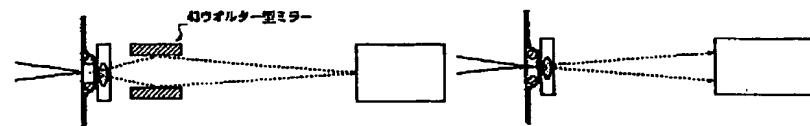
【図8】



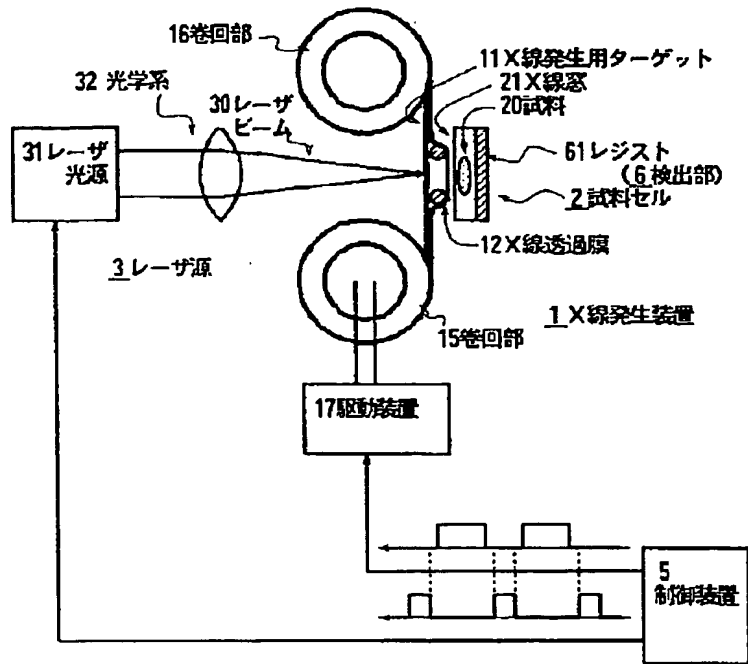
【図6】



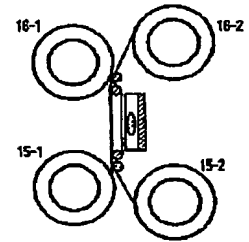
【図7】



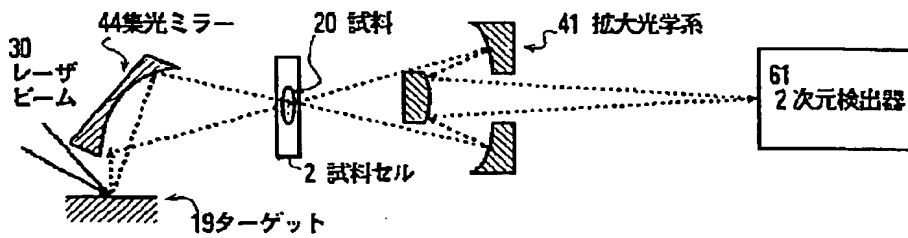
【図3】



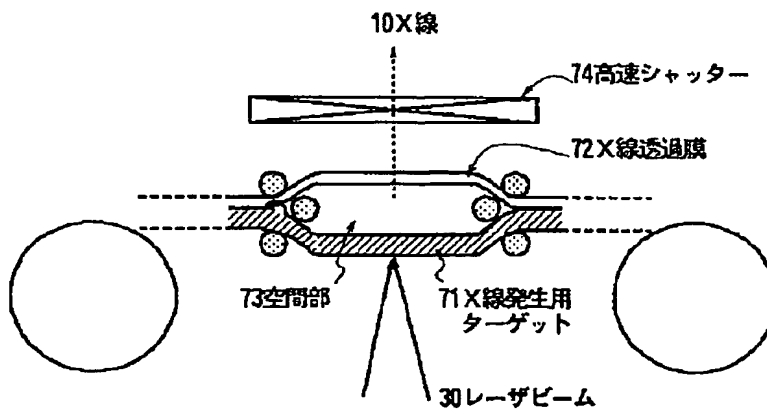
【図9】



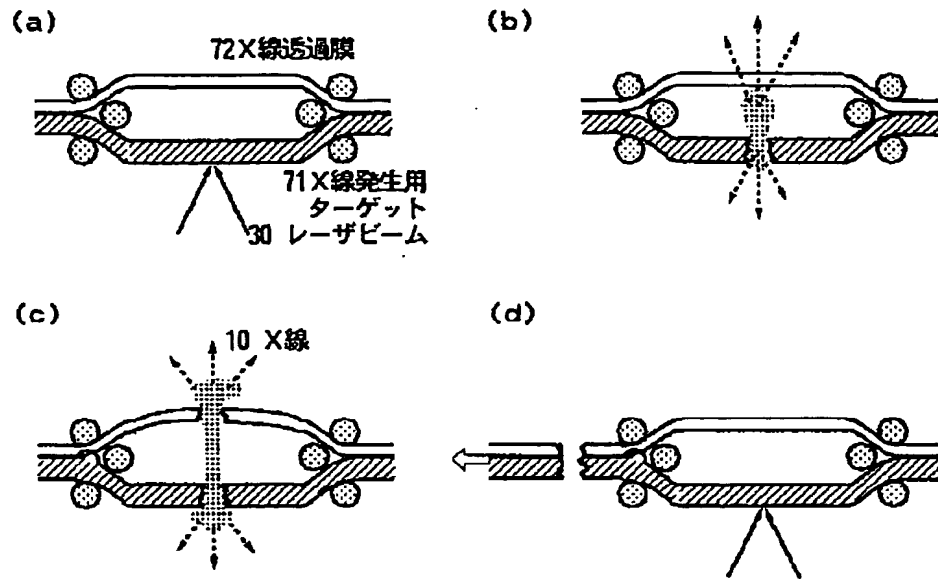
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 安藤 剛三
埼玉県和光市広沢2番1号 理化学研究所
内

(72)発明者 青柳 克信
埼玉県和光市広沢2番1号 理化学研究所
内